

13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİ : FAYLANMA MEKANİZMASI VE DEPREMİN YERİ ÜZERİNE BİR TARTIŞMA

THE ERZİNCAN EARTHQUAKE OF MARCH 13, 1992 : A DISCUSSION ON THE MECHANISM AND THE LOCATION OF THE MAINSHOCK

Haluk Eyidoğan¹

SUMMARY

The Erzincan earthquake of March 13, 1992 ($M_s=6.9$) is a major event occurred near the eastern end of the North Anatolian Fault (NAF). The epicentral region is characterized mainly by wide and complex pull-apart due to shift of several branches of the NAF.

In this paper, we investigated the location and the style of faulting of the Erzincan earthquake. The mainshock was relocated using the arrival times of P and S waves recorded at regional seismic stations. The aftershocks which were recorded in the field using 24 portable digital and analog seismographs* were mapped to study the activity after the mainshock. The long-period P waveforms were modeled to obtain detailed fault parameters.

The standart error found for relocated hypocenter is beyond the limit of reliability to fix the location of the mainshock. Aftershock activity is clearly observed along the NAF on the northern border of the basin, but most of it is situated to the SE of the basin, and out of the basin away from the NAF, for a total length of some 40 km. The modeling of the teleseismic P waveforms of the mainshock showed that the mainshock nucleated at depth of about 10-12 km and took place on a right-lateral strike-slip fault striking 120° - 130° SE and dipping 75° - 85° SW. The mainshock consisted of three shocks. The first one had a seismic moment of about $0.6 \cdot 10^{26}$ dyne-cm and was followed by two smaller shocks, each having a seismic moment of about $0.3 \cdot 10^{26}$ dyne-cm. The second shock occurred about 15 s after the first shock to the northwest while the third one appeared about 28 s after the first shock to the southeast, respectively.

Based on the distribution of the aftershocks and the kinematic forward source modeling of the mainshock, it was suggested that a complex faulting associated with Erzincan mainshock occurred east of the basin activating several other branches of the NAF.

¹ Doç. Dr. İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak, İstanbul.

ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan depreminin yeri ile ilgili sorunlar ve faylanma özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır. Ana şoku kaydeden yakın deprem istasyonlarının P ve S dalgaları varış zamanları kullanılarak yer bulma işlemi yapılmıştır. Ana şoktan sonra oluşan etkinliği incelemek amacıyla deprem sahasında kurulan taşınabilir 24 adet sayısal ve analog deprem istasyonunda kaydedilen art sarsıntılar* incelenmiştir. Deprem kaynak parametrelerinin elde edilmesi için uzak istasyon kayıtlarından alınan P dalgaları taslaklanmıştır.

Art sarsıntıların çoğunluğu havzanın güneydoğusunda, yerel ve havzanın dışına taşan 40 km uzunluğunda bir zon oluşturmuştur. Telesismik P dalgalarının kinematik deprem kaynak yaklaşımı izlenerek modellenmesi yoluyla elde edilen verilere göre depremin odak derinliği 10-12 km olup, depremin, doğrultusu 120° - 130° ve dalımı 75° - 85° olan bir doğrultu atımlı sağ yönlü faylanma ile olduğu ve ana şokun ard arda en az üç şok içerdiği bulunmuştur.

Art sarsıntı dağılımına ve ana şokun kinematik kaynak taslaklanmasıyla elde edilen faylanma parametrelerine dayanarak Erzincan depreminin havzanın güneydoğusunda oluşan karmaşık bir faylanma ile oluşturulduğu ve KAF'nın bölgedeki diğer bazı dallarının da etkinlik kazandığı sonucuna varılmıştır.

GİRİŞ

13 Mart 1992 Erzincan depremi ana sarsıntısı ($M_s=6.9$), geniş, karmaşık ve kalın tortul içeren bir açılma-genişleme (pull-apart) havzası niteliğinde olan Erzincan havzasında olmuştur. Havza, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Kuzey Doğu Anadolu Fayı (KDAF) ve Ovacık Fayı (OVF) arasında yer almaktadır (Şekil 1). Kuzeydeki KDAF sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur. Sağ yönlü doğrultu atımlı KAF'nın, Erzincan havzasının kuzey ve güneyinde, geniş bir zonda izleri görülmekte olup (Tüysüz, 1992), fay bu bölgede bindirme bileşeni de içermektedir (Barka, 1992). Bu faylar üzerinde elde edilen jeolojik kayma hızları, KAF için yaklaşık 1 cm/yıl, OVF ve KDAF için yaklaşık 0.15-0.2 cm/yıl olarak bulunmuştur (Barka ve Gülen, 1989). Sözünü ettiğimiz bu fayların bir bölümü zaman zaman ötekilerine göre daha etkin duruma gelmekte ve yaşadığımız depremleri oluşturmaktadırlar. Erzincan ovası bugünkü yapısını bu fay zonlarının dinamizmi ile kazanmıştır.

13 Mart 1992 Erzincan depreminin makrosismik episantır bölgesinde (en fazla hasar olan yerde) geniş bir alana yayılmış olarak türleri tartışmalı olan birçok kırık ve çatlak gözlenmiştir (Barka ve Gülen, 1989; Koçyiğit ve Rojay, 1992). Ancak 13 Mart 1992 ana sarsıntısının ilk olduğu yerin (iç merkez ve dış merkez), duyarlı olarak nerede olduğu konusunda tartışmalar sürmektedir. 1992 yılına

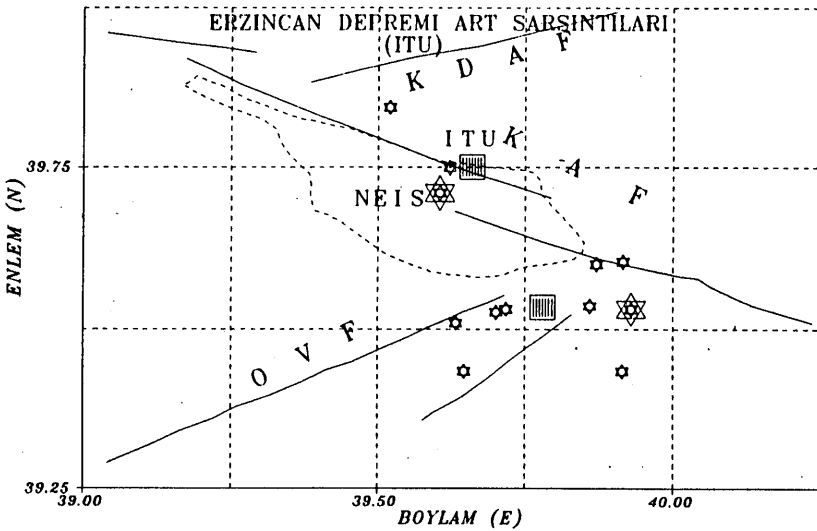
*Cisternas, A., H. Philip, L. Dorbath., H. Eyidoğan and A. Barka, 1992, The Erzincan earthquake of March 19, 1992. Was the North Anatolian Fault the only active one?, XXIII General Assembly of the European Seismological Commission, Prague, 7-12 Sep. 1992.

gelinmesine rağmen Türkiye'de büyük bir depremin yerinin günümüzde bile 15-20 km lik hatalarla verilmesi en temel önemli sorunlarımızdan birisi olarak önümüzde durmaktadır. Bu sorunun çözümü, depremselliği yüksek ülkelerden biri olan Türkiye'de deprem sismolojisine gereken önemi vermek ve deprem istasyon sayısını ve kalitesini arttıracak yatırımları yapmakla olacaktır.

Bu çalışmada, 13 Mart 1992 Erzincan depremi ana sarsıntısının nerede ortaya çıktığı ve depremin olurken kaynağında ne tür hareketlerin olduğu sorularına yanıt bulma çabalarımız anlatılmaya çalışılacaktır. Bu amaçla, deprem bölgesinde yapılan art sarsıntı kayıt ve ön değerlendirme sonuçları ve ana sarsıntı sırasında deprem kaynağındaki kırılmanın zaman ve yer içinde gelişimi ile bilgiler tartışılacaktır.

P DALGALARININ VARİŞ ZAMANLARINA GÖRE ANA SARSINTININ YERİ

Bu çalışmada İTÜ, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi tarafından Türkiye'nin çeşitli yerlerinde çalıştırılan deprem istasyonlarının kaydettiği P ve S dalgalarının varış zamanları kullanılarak 13 Mart 1992 ana sarsıntısının ve 15 Mart 1992 büyük art sarsıntısının yeri yeniden saptanmıştır. NEIS'in verdiği ve bu çalışmada bulunan iki depremin konumu Şekil 1'de gösterilmiştir. NEIS tarafından verilen konumdaki hatalar enlem ve boylam için sırasıyla 4 ve 3 km dir. Türkiye'deki yakın istasyonları kullanarak saptadığımız konumdaki hatalar ise



Şekil 1. 13 Mart 1992 Erzincan ana sarsıntısı ve 15 Mart 1992 art sarsıntısı için NEIS'in verdiği ve bu çalışmada bulunan (İTÜ) dış merkez konumları. KAF, Kuzey Anadolu Fayı; KDAF, Kuzey Doğu Anadolu Fayı; OVF, Ovacık Fayı. Ufak yıldızlar NEIS tarafından verilen art sarsıntıların dış merkez konumlarını göstermektedir.

enlem, boylam ve derinlik için sırasıyla 17, 8 ve 10 km dir. Bu sonuç, Türkiye'deki deprem istasyon dağılımı ve kayıt kalitesi ile ilgili sorunların boyutunu açıkça ortaya koymaktadır. NEIS'in verisine göre 13 Mart 1992 depremi, KAF'nın havzanın kuzey sınırındaki parçası üzerinde olmamıştır. Burada bulunan konum ise bunun tam tersini göstermektedir.

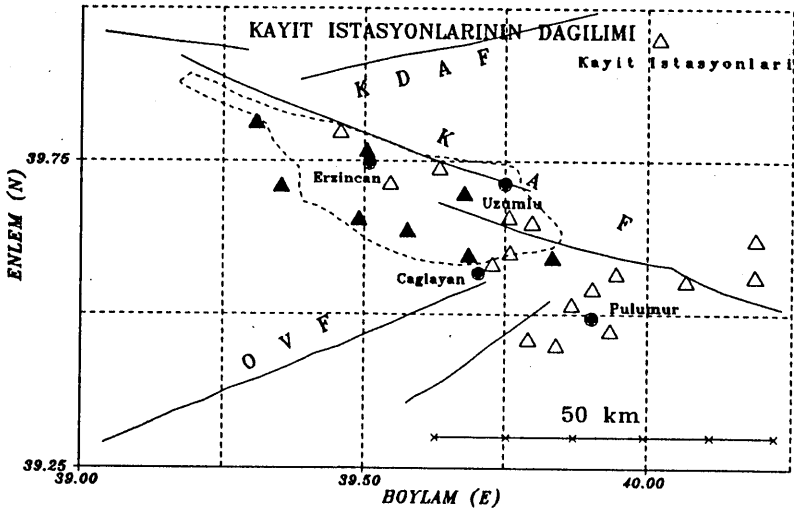
ART SARSINTI DAĞILIMI VE ANA SARSINTININ YERİ

Büyük depremleri izleyen ve aylarca sürebilen art sarsıntılar (artçı şoklar) depremi oluşturan kırılmanın zaman ve ortam boyutunda nasıl geliştiği ve kırılmanın özellikleri ile değerli bilgiler verir.

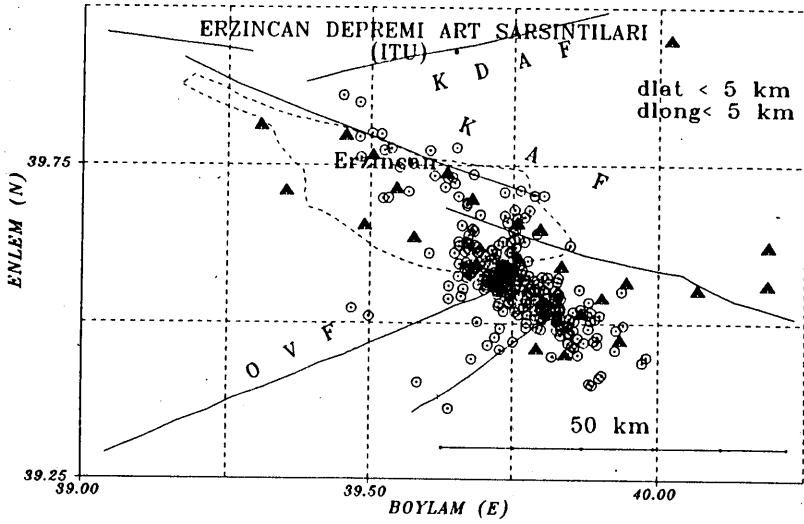
13 Mart depreminden 48 saat sonra İTÜ olarak deprem bölgesine erişmiş olmakla birlikte, saha tipi portatif deprem kayıtçılarımızın olmaması ve ortak çalışma yaptığımız Fransa, Strasbourg Yer Fiziği Enstitüsü elemanlarının beklenmesi nedeniyle ancak 13 gün sonra bölgede art sarsıntı kaydı başlatılabilmektedir. 26 Mart 1992-4 Mayıs 1992 tarihleri arasında bölgede yerleştirilen 24 adet çeşitli türde deprem kayıtçıları ile (Şekil 2) 2000'e yakın art sarsıntı kaydı yapılmıştır (Şekil 3) (Eyidoğan ve Cisternas, 1992; Cisternas ve diğ., 1992).

26 Mart 1992 tarihinden başlayarak önce Erzincan havzası sınırlarında 9 adet telsiz bağlantılı deprem istasyonu kurulmuş ve bu istasyonlardan ilk elde edilen art sarsıntı dağılımı geometrisine ve zor arazi koşullarına bağlı olarak daha sonra diğer tür deprem kayıtçıları arazide yerleştirilmişlerdir (Şekil 2).

Şekil 3, yalnızca telsiz bağlantılı 9 deprem istasyon ağında, en az dört istasyon tarafından kaydedilen art sarsıntılarının yerlerinin dağılımını göstermektedir. Art sarsıntı verilerinin diğer 16 istasyondaki kayıtları işlenmekte olup, tüm istasyonlardaki varış zamanlarından bulunmuş art sarsıntı haritaları daha sonra yayınlanacaktır. Şekil 3 'de verilen art sarsıntılarının enlem, boylam ve derinliklerindeki standart hatalar 5 km ya da daha azdır. Art sarsıntılarının bir bölümü havzanın kuzey sınırını oluşturan KAFZ'nun bir kırığı üzerinde olmakla birlikte, çoğunluğu havzanın güneydoğusunda yeralan ve havzanın dışına taşan 40 km uzunluğunda bir alan oluşturmıştır. 13 Mart 1992 ana sarsıntısından sonra 13 günlük art sarsıntı dağılımının karakteri konusunda duyarlı verilerimiz yoktur. Şekil 3'de görülen art sarsıntı dağılımına dayanarak iki yorum yapmak olanaklıdır. Buna göre; (1) deprem istasyonlarının kurulmadığı ilk 13 gün art sarsıntı etkinliği havzanın kuzey batısında yoğunlaşmış ve daha sonra güneydoğuya kaymıştır, (2) art sarsıntılar başlangıçtan beri güneydoğuda oluşmuştur. Bu iki yoruma göre ana sarsıntının konumunu değiştirebilir. Birinci yorumun geçerliliğinde ana sarsıntı Erzincan iline daha yakın, ikinci yoruma göre ise ana sarsıntı Erzincan'ın güneydoğusundadır önermeleri yapılabilir. 15 Mart 1992 tarihinde olan ve özellikle Pülümür çevresinde hasar yapan depremin ana sarsıntıya göre olan konumu birinci yorumu güçlendirir özelliğindedir. Ancak, KAF'nın havzanın kuzeyindeki ana kolu üzerinde çok az sayıda art sarsıntı olması, ana sarsıntıyı oluşturan kırılmanın burada olmadığını da göstermektedir.



Şekil 2. 26 Mart 1992 tarihinden başlayarak Erzincan ve çevresinde kurulan deprem istasyonlarının konumları. İçi dolu üçgenler telsiz bağlantılı olan istasyonları simgelemektedir.



Şekil 3. 26 Mart 1992 - 4 Mayıs 1992 tarihleri arasında Erzincan depremi sonrası yerleri saptanmış art sarsıntıların dış merkez dağılımları. Bu depremlerin konumları yalnız telsiz bağlantılı istasyonlar kullanılarak saptanmıştır. Enlem ve boylam saptamalarında standart hata 5 km ya da daha azdır.

Hata değerleri 5 km ya da daha az olan iç merkez dağılımına göre, ana sarsıntının düşeye yakın bir fay yüzeyi üzerinde olduğu ve ana sarsıntının iç merkez derinliğinin ise 15 km'den daha derin olamayacağı anlaşılmaktadır. Bütün bunlar gözönüne alındığında 13 Mart 1992 ana sarsıntısının iç merkezinin Erzincan ilinin hemen güneydoğusunda havzanın altında yer aldığını önerebiliriz. Deprem sırasında Erzincan ilinin güneydoğusunda KB-GD doğrultulu bir fayın harekete geçtiğini, ayrıca güneydeki KD-GB doğrultulu sol yönlü Ovacık Fayı'nın kollarının da etkinleştiği ve KAF'ı ile girişimi sonucu karmaşık bir art sarsıntı dağılımının olduğu söylenebilir.

DEPREM SIRASINDA KIRILMA NASIL OLUŞTU ?

Bu çalışmada 13 Mart 1992 Erzincan depreminin WWSSN istasyonlarının 30° - 90° uzaklıkta bulunan bazılarında sağlanan P dalgaları zaman ortamında modellenerek deprem sırasında faylanmanın zaman ve yer içinde nasıl geliştiği incelenmiştir (Eyidoğan ve Jackson, 1985). Kinematik düz çözüm modelleme tekniği kullanılarak yapay P-dalgaları oluşturulmuş ve gözlemsel kayıtlarla karşılaştırılmıştır. Gözlemsel ve yapay uyumunun en iyi olduğu kaynak modeli için (Şekil 4a ve Şekil 4b) ana sarsıntının kaynak mekanizması, odak derinliği, kaynak-zaman fonksiyonu elde edilmiştir. Buna göre depremde oluşan faylanma KAF'nın doğrultusuna ve karakterine uygundur, ancak sağ yönlü fay atımında bir miktar da normal faylanma bileşeni vardır. Deprem derinliği sığ olup 10-12 km'den daha derin değildir. Deprem basit bir kırılma mekanizması içermediği, ana sarsıntının ikincisi ve üçüncüsü ortalama 15 ve 28 saniye sonra oluşan en az üç kaynaklı bir kırılma oluşumu biçiminde geliştiği anlaşılmaktadır. Ana sarsıntı için toplam sismik moment ortalama $1.2 \cdot 10^{26}$ dyne.cm olarak elde edilmiştir.

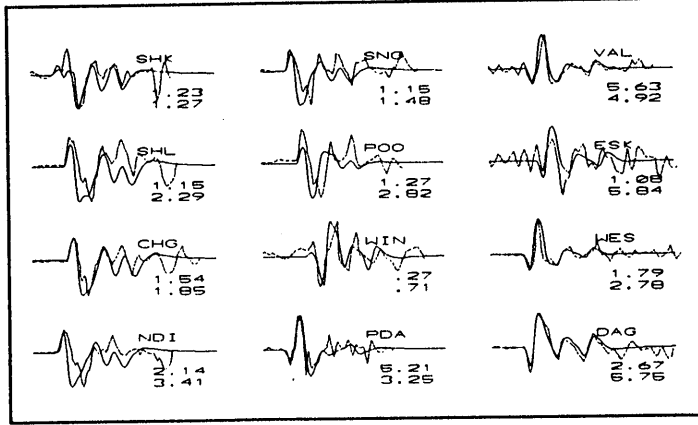
SONUÇ

13 Mart 1992 depremi için 26 Mart-4 Mayıs 1992 tarihleri arasında elde edilen art sarsıntı dağılımından deprem etkinliğinin havzanın güneydoğusunda yoğunlaştığı bulunmuştur. Bu dağılıma göre ana sarsıntının Erzincan ilinin güneydoğusunda olduğu söylenebilir. Deprem oluşumundan sonra havzanın çeşitli yerlerinde bulunan ve bir bölümü KAF'nın kollarını oluşturan ve olasılıkla havzanın kalın tortul kütlelerinin altında da bulunan fayların etkin duruma geldiği anlaşılmaktadır.

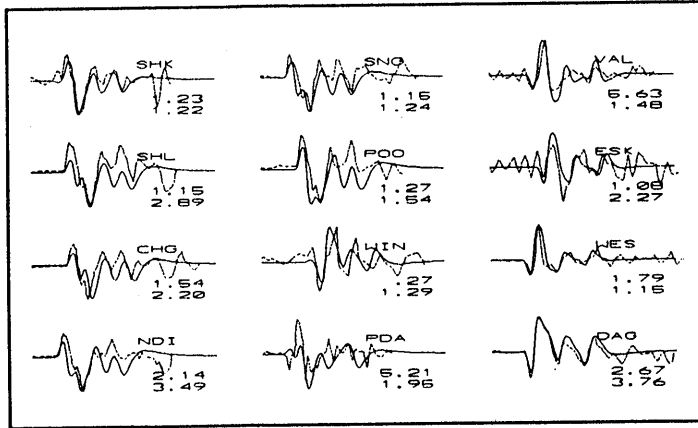
Deprem KB-GD doğrultulu, sağ yönlü doğrultu atımlı bir faylanma ile oluşmuştur. Kırılma 10-12 km derinlikte başlamış, ana sarsıntıdan ortalama 15 ve 28 saniye sonra ana sarsıntıya göre biraz daha ufak iki kırılma ile deprem sürmüştür. Ana sarsıntıyı oluşturan kırılmadan 15 saniye sonra kuzeybatıda ikinci bir kırılma oluşmuştur. Üçüncü kırılma ise 28 saniye sonra ilk kırılmanın güneydoğusunda yer almıştır. Toplam sismik moment ortalama $1.2 \cdot 10^{26}$ dyne.cm dir. Faylanma sırasında oluşan bu ardışık kırılma olaylarının yapısal hasarı artırıcı etkisi olduğu sanılmaktadır.

13 MART 1992 ERZİNCAN DEPREMİ
WWSSN P-DALGASI
Delta > 30°

ÇÖZÜM A: DOĞRULTU=122°, DALIM=75°, KAYMA=188°, $M_0=1.16 \cdot 10^{26}$ dyne.cm



ÇÖZÜM B: DOĞRULTU=130°, DALIM=84°, KAYMA=188°, $M_0=1.16 \cdot 10^{26}$ dyne.cm



Şekil 4. Bu çalışmada bulunan kinematik deprem kaynağı taslağına göre elde edilmiş yapay (noktalı çizgi) uzun periyodlu düşey P dalgalarının, gözlemsel (düz çizgi) WWSSN deprem kayıtları ile karşılaştırılması. İki farklı olası odak mekanizması çözümü için elde edilen dalga şekilleri Çözüm A ve Çözüm B başlıkları altında verilmiştir.

KAYNAKLAR

- Barka, A.**, 1992, Kuzey Anadolu Fayı'nın Erzincan çevresindeki davranışı ve 13 Mart 1992 depremi, Yerbilimci gözüyle Erzincan depremi dün, bugün ve yarını ve Türkiye deprem sorunu sempozyumu, İTÜ Maden Fakültesi, 15 Aralık 1992.
- Barka, A. ve L. Gülen**, 1989, Complex evolution of the Erzincan basin (eastern Turkey), J. Struc. Geology, 11, 3, 275-283.
- Cisternas, A., H. Philip, L. Dorbath., H. Eyidoğan ve A. Barka**, 1992, The Erzincan earthquake of March 19, 1992., 1992, Was the North Anatolian Fault the only active one?, XXIII General Assembly of the European Seismological Commission, Prague, 7-12 September 1992.
- Eyidoğan, H. ve J. Jackson**, 1985, Seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquake of 1969-1970 in western Turkey: Implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 81, 569-607.
- Eyidoğan, H. ve A. Cisternas**, 1992, 13 Mart 1992 Erzincan depremi sismoloji çalışmaları, Tubitak ekiplerinin Erzincan deprem bölgesi çalışmaları, Ön inceleme raporu, TÜBİTAK, Ankara.
- Koçyiğit, A. ve B. Rojay**, 1992, 13 Mart 1992 Erzincan depremiyle ilgili neotektonik inceleme raporu, Ön inceleme raporu, TÜBİTAK, Ankara.
- Tüysüz, O.**, 1992, Erzincan çevresinin jeolojisi, Yerbilimci gözüyle Erzincan depremi dün, bugün ve yarını ve Türkiye deprem sorunu sempozyumu, İTÜ Maden Fakültesi, 15 Aralık 1992.

TEŞEKKÜR

13 Mart 1992 depremi art sarsıntılarının kaydı çalışmalarında deprem bölgesindeki zor koşullar altında araştırmalarımıza maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen İTÜ Rektörlüğüne, TÜBİTAK Başkanlığı ve mensublarına, Maden Fakültesi Dekanlığına, Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği öğretim üyesi ve yardımcılara, Şengör ailesine, Fruko-Tamek A.Ş. mensublarına ve Erzincan Kredi ve Yurtlar Kurumu Öğrenci Yurdu Müdürlüğüne teşekkür ederim.